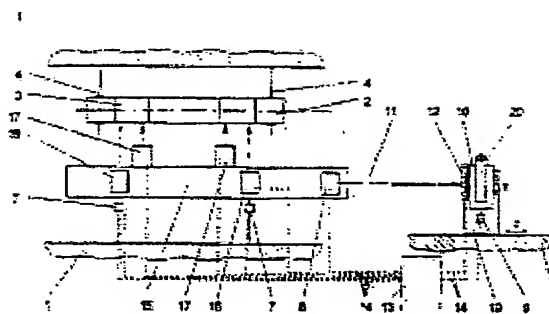


# Coordinate measuring correction and positioning system for machine tool

**Patent number:** DE19630205  
**Publication date:** 1998-01-29  
**Inventor:** MEDVECKY MILOS DIPL ING (DE); ZEHNER BERND-UWE PROF (DE); GROEGER MATTHIAS ECKEHARD DIPL (DE)  
**Applicant:** ZEHNER BERND UWE PROF UNIV DR (DE)  
**Classification:**  
- international: G01B11/03; G01B11/14; G01B9/02; B23Q15/00; G01B103/10  
- european: G05B19/404, G01B11/00D1, G01B11/30C  
**Application number:** DE19961030205 19960726  
**Priority number(s):** DE19961030205 19960726

## Abstract of DE19630205

The system includes a radiation emitting transmitter (8) arranged in a fixed position on an optical block (15). The beam (11) emanating from the transmitter is aligned to a detecting receiver (12), which is arranged fixed on a cross carriage (10). The optical block is movable in an adjusting direction, using adjusting regulators (7). The regulators are connected fixed with the frame (1). Position sensors (16) which are preferably designed as an interferometer system, are arranged fixed on the optical block, opposite the scanning surfaces (3) on the main spindle (2). Distance sensors (18) are arranged fixed on the optical block, which preferably stand opposite the casing surface of the main spindle. A machine control (13) is connected with the receiver across measuring and control lines.







①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 196 30 205 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 B 11/03**  
G 01 B 11/14  
G 01 B 9/02  
B 23 Q 15/00  
// G 01 B 103:10

②1 Aktenzeichen: 196 30 205.6  
②2 Anmeldetag: 26. 7. 98  
④3 Offenlegungstag: 29. 1. 98

DE 196 30 205 A 1

⑦1 Anmelder:

Zehner, Bernd-Uwe, Prof. (Univ.) Dr.-Ing.habil.,  
98587 Kurort Steinbach-Hallenberg, DE

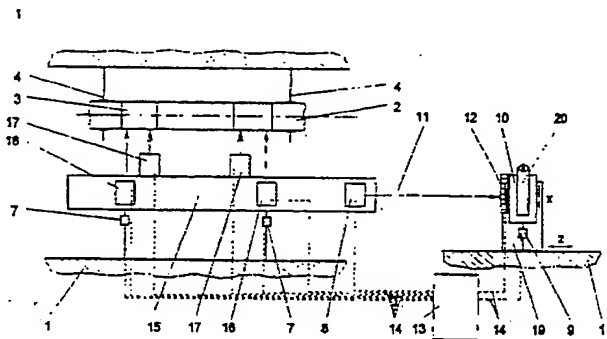
⑦2 Erfinder:

Zehner, Bernd-Uwe, Prof. (Univ.) Dr.-Ing., 98587  
Kurort Steinbach-Hallenberg, DE; Medvecký, Milos,  
Dipl.-Ing., 98574 Schmalkalden, DE; Gröger,  
Matthias Eckehard, Dipl.-Ing. (FH), 98574  
Schmalkalden, DE

⑤4 Anordnung zur Korrektur-Koordinatenmessung und Positions-Nachführung insbesondere an Werkzeugmaschinen

⑤7 Zur Verbesserung der Bearbeitungsgenauigkeit der Werkzeugmaschinen wird mit der Anordnung ein maschinenunabhängiges Koordinatensystem realisiert, auf welches die Vorschubantriebe bezogen werden.

Dabei wird nach Fig. 1 an einer Werkzeugmaschine auf einem Optikblock (15) ein strahlungsemitterender Sender (8) fest angeordnet ist, wobei der von dem strahlungsemitternden Sender (8) ausgehende Lichtstrahl (11) auf einen auf dem Querschitten (10) fest angeordneten ortsauflösenden Empfänger (12) gerichtet ist, der Optikblock (15) in Stellrichtung beweglich mit Justierstellern (7) verbunden ist, welche mit dem Gestell (1) fest verbunden sind, auf dem Optikblock (15) Lagesensoren (16) fest angeordnet sind, die Antastflächen (3) auf der Hauptspindel (2) gegenüberstehen, auf dem Optikblock (15) Abstandssensoren (17) fest angeordnet sind, welche vorzugsweise der Mantelfläche der Hauptspindel (2) gegenüberstehen, und die Maschinensteuerung (13) über Meß- und Steuerleitungen (14) mit dem ortsauflösenden Empfänger (12) verbunden ist.



DE 196 30 205 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, die bei ihrem Einsatz insbesondere an und in Verbindung mit Werkzeugmaschinen eine deutliche Verbesserung der Bearbeitungsgenauigkeit durch das Vermeiden von Positionierfehlern beziehungsweise Fehlern des Maschinenkoordinatensystems sichert.

Bei der Fertigung von Werkstücken auf Werkzeugmaschinen in den heute geforderten, engen Toleranzen stellt eine wesentliche Einflußgröße die Maschine dar. Dieser Einfluß erklärt sich aus der Einhaltung der vorgegebenen Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück, welche zu dem gewünschten Fertigungsergebnis führt. Die dabei die Werkzeugmaschine charakterisierenden Größen

- geometrischen Genauigkeit
- thermisches Verhalten
- statisches Verhalten und
- dynamisches Verhalten

haben eine unmittelbare Auswirkung auf die tatsächliche Einhaltung der Sollposition im Bearbeitungsprozeß. Es entstehen somit naturgemäß Abweichungen der Istposition von der Sollposition. Um diese Abweichungen zu kompensieren wurden bereits mehrere Systeme vorgeschlagen, wie beispielsweise Hilfsvorrichtungen und Sonderkonstruktionen zur Erhöhung der Struktursteifigkeit der Maschine, mechanische Kompensationsvorrichtungen zum Ausgleich auftretender Abweichungen von der geforderten Position sowie besondere Einstellvorrichtungen, welche die Orthogonalität und Parallelität zwischen den verschiedenen Bewegungsachsen sicherstellen sollen.

Eine solche Vorrichtung zur Kompensation der maschinenbedingten Abweichungen ist aus der DE-OS 30 09 393 bekannt, bei der ausgehend von experimentell ermittelten Zuordnungen zwischen Bearbeitungsparametern und Maschinenverformungen über einen Seilzugmechanismus für jede Bearbeitungsaufgabe eine mechanische Kompensation der Verformungen herbeigeführt wird. Dieses System kann nicht universell auf beliebige Aufgaben und beliebige Maschinen angewendet werden, da

- durch die mechanische Ausbildung der Übertragungsglieder die Genauigkeit für die Präzisionsfertigung nicht ausreichend ist,
- keine simultane Ermittlung der zu beeinflussenden Größe erfolgt und
- die Funktionalität stark von der Wissensbasis abhängt (Expertensystem).

Damit ist die in der DE-OS 30 09 393 beschriebene Steuerungseinrichtung für den universellen Einsatz an Präzisions-Werkzeugmaschinen weniger geeignet.

Weiterhin ist nach Weck /1/ eine Einrichtung zur Beeinflussung geometrischer Maschinendaten bekannt, bei welcher durch eine Regeleinrichtung der Verlagerung eines Frässtößels an Portalfräsmaschinen entgegengewirkt wird. Dabei wird ein proportional um den Betrag der Verformung abgelenkter Laserstrahl als Verkörperung der durch hydraulische Maßnahmen zu kompensierenden Verformung genutzt. Das genannte System ist in der beschriebenen Form kaum an Präzisions-Fertigungseinrichtungen nutzbar, da

- der Meßstrahl im unbelasteten und kalten Zustand der Maschine aufwendig mechanisch justiert werden muß,
- die Einrichtung als Referenzgröße nicht verformungsinvariante Maschinenbauteile verwendet und
- nur ein eng begrenztes Segment der gesamten Kraftflußstrecke der Maschine von der Einrichtung geregelt wird.

Auf Grund der dieser Mängel ist diese Regeleinrichtung ebenfalls weniger für einen allgemeinen Einsatz in der Präzisionsfertigung geeignet.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht in der Schaffung einer Anordnung, welche bei ihrem Einsatz insbesondere an Werkzeugmaschinen konstruktiv- und fertigungstechnisch bedingte Fluchtungs- und Richtungsfehler von Maschinenachsen sowie Gestell- und Führungsbahnverlagerungen aufgrund von thermoelastischen räumlichen Längen- beziehungsweise Formänderungen der Maschine sowie statische und dynamische Verformungen durch Prozeßkräfte kompensiert beziehungsweise vermindert und gleichzeitig eine universelle Einsatzmöglichkeit der Anordnung im Bezug auf verschiedene technische Maschinenkonzepte sichert.

Erfindungsgemäß wird die vorgenannte Aufgabenstellung durch die Schaffung einer Anordnung gelöst, welche eine CNC-Werkzeugmaschine mit einer über Spindellager drehbeweglich mit dem Gestell verbundenen Hauptspindel, einem in einer Koordinate beweglichen, mit einem Längsantrieb versehenen und mit einem Längs-Lagemeßsystem verbundenen Längsschlitten, einem auf einer anderen als der Längsschlittenachse beweglich angeordneten, mit einem Querschlittenantrieb und einem Quer-Lagemeßsystem verbundenen Querschlitten, einer Maschinensteuerung, die über Meß- und Steuerleitungen insbesondere mit dem Antrieb und dem Lagemeßsystem des Längsschlittens und dem Querschlittenantrieb und dem Quer-Lagemeßsystem verbunden ist, verwendet, wobei auf einem Optikkblock ein strahlungsemittierender Sender fest angeordnet ist, wobei der von dem strahlungsemittierenden Sender ausgehende Lichtstrahl auf einen auf dem Querschlitten fest angeordneten ortsauflösenden Empfänger gerichtet ist, der Optikkblock in Stellrichtung beweglich mit Justierstellern verbunden ist, welche mit dem Gestell fest verbunden sind, auf dem Optikkblock Lagesensoren, die vorzugsweise als Interferometeranordnungen ausgebildet sind, fest angeordnet sind, die Antastflächen auf der Mantelfläche der Hauptspindel gegenüberstehen, auf dem Optikkblock Abstandssensoren fest angeordnet sind, welche vorzugsweise der Mantelfläche der Hauptspindel gegenüberstehen, und die Maschinensteuerung über Meß- und Steuerleitungen mit dem ortsauflösenden Empfänger verbunden ist.

In Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß auf dem Optikkblock der ortsauflösende Empfänger und auf dem Querschlitten der strahlungsemittierende Sender angeordnet sind, wobei der von dem strahlungsemittierenden Sender ausgehende Lichtstrahl auf den ortsauflösenden Empfänger gerichtet ist.

Weiter ist vorgesehen, daß der ortsauflösende Empfänger anstatt auf dem Querschlitten so auf dem Längsschlitten angeordnet ist, daß der von dem strahlungsemittierenden Sender ausgehende Lichtstrahl auf den ortsauflösenden Empfänger gerichtet ist.

Es ist vorgesehen, daß auf dem Optikkblock der orts-

auflösende Empfänger angeordnet ist, und der strahlungsemitternde Sender auf dem Längsschlitten anstatt auf dem Querschlitten angeordnet ist, wobei der von dem strahlungsemitternden Sender ausgehende Lichtstrahl auf den ortsauflösenden Empfänger gerichtet ist.

Weiter ist vorgesehen, daß auf dem Optikblock anstatt des strahlungsemitternden Senders ein an sich bekanntes interferenzoptisches Längenmeßsystem angeordnet ist, dessen Meßstrahl durch ein aktives optisches Element, vorzugsweise einen optischen Keil, gerichtet ist, welches anstatt des ortsauflösenden Empfängers auf dem Querschlitten fest angeordnet ist, und im Strahlengang nach dem optischen Keil gestellfest ein Umlenkspiegel angeordnet ist.

Ausgestaltet ist vorgesehen, daß anstelle des interferenzoptischen Längenmeßsystems auf einem Optikblock ein an sich bekanntes interferenzoptisches Geradheitsmeßsystem angeordnet ist, in dessen Strahlengang anstelle des optischen Keils als aktives optisches Element sich vorzugsweise ein Wollaston-Prisma befindet, welches an dem Querschlitten fest angeordnet ist und im Strahlengang nach dem Wollaston-Prisma gestellfest ein Geradheitsretroreflektor angeordnet ist.

Durch die erfindungsgemäße Anordnung wird eine erhebliche Qualitätsverbesserung der auf Werkzeugmaschinen zu fertigenden Teile durch eine wesentliche Verminderung von maschinenbedingten Gestaltabweichungen der Werkstücke erzielt. Weiter können Werkzeugmaschinen unter Beibehaltung konventioneller und preisgünstiger Maschinenkonzepte für Aufgaben der Präzisionsbearbeitung zum Einsatz gelangen.

Nachfolgend soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Hinzuziehung von Zeichnungen erläutert werden.

Es zeigen

Fig. 1 schematische Darstellung einer einachsigen Ausführung der Anordnung mit justierbarem Optikblock, beinhaltend einen strahlungsemitternden Sender, sowie einen ortsauflösenden Empfänger auf dem Querschlitten einer Drehmaschine.

Fig. 2 Anordnung des ortsauflösenden Empfängers auf dem Optikblock und des strahlungsemitternden Senders auf dem Längsschlitten.

Fig. 3 Anordnung eines interferenzoptischen Längenmeßsystems auf dem Optikblock, eines optischen Keils auf dem Querschlitten und eines gestellfesten Umlenkspiegels.

Fig. 4 Anordnung eines interferenzoptischen Geradheitsmeßsystems auf dem Optikblock, eines Wollaston-Prismas auf dem Querschlitten und eines gestellfesten Geradheitsretroreflektors.

Eine erste Ausführung einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Erhöhung der Bearbeitungsgenauigkeit ist in Fig. 1 dargestellt. Dabei ist die Hauptspindel 2 einer Bearbeitungsmaschine, zum Beispiel einer Drehmaschine, drehbar durch die Spindellager 4 mit dem Gestell 1 verbunden. Es wird vorausgesetzt, daß die Hauptspindel 2 von einem Antrieb rotatorisch angetrieben wird und daß sich auf der Hauptspindel 2 eine Halterung, zum Beispiel ein Spannzylinder 5, für die Aufnahme eines Werkstückes 6 beziehungsweise eines Werkzeuges befindet. An der Maschine ist ein Optikblock 15 angebracht, auf dem die Lagesensoren 16, Abstandssensoren 17 und der strahlungsemitternde Sender 8 angeordnet sind. Der Optikblock 15 ist über die Justiersteller 7 mit dem Gestell 1 verbunden, so daß durch die Ansteuerung der Justiersteller 7 der ausgehende Lichtstrahl 11, der von dem strahlungsemitternden Sender 8 emittiert

wird, vorzugsweise parallel zur Spindelachse ausgerichtet werden kann. Die Parallelität des Strahles wird durch die Lagesensoren 16 und Abstandssensoren 17 gemessen. Die Abstandssensoren 17 sind Meßvorrichtungen, die absolut den Abstand zwischen dem Optikblock 15 und der Hauptspindel 2 messen. Diese Einrichtungen dienen zur Ermittlung eines Anfangszustandes, in dem sich der Optikblock 15 im Bezug zu der Hauptspindel 2 nach dem Einschalten befindet. Die Lagesensoren 16 messen während des Bearbeitungsprozesses die Abstandsänderungen zwischen der Hauptspindel 2 und dem Optikblock 15. Vorzugsweise kommen in der beschriebenen Anordnung interferometrische Meßanordnungen zum Einsatz, welche die Hauptspindel 2 auf gut reflektierenden Antastflächen 3 abtasten. Ausgestaltet ist vorgesehen, als Lagesensoren 16 kapazitive Sensoren anzuordnen. Weiter ist vorgesehen, als Lagesensoren 16 induktive Sensoren anzuordnen. Die Meßwerte der Lagesensoren 16 und der Abstandssensoren 17 werden über Signalleitungen 14 zur Maschinensteuerung 13 geführt, in welcher Abweichungen der Spindelachse zu dem vom strahlungsemitternden Sender 8 emittierten Lichtstrahl 11 ermittelt und Stellsignale für die Justiersteller 7 berechnet und über Steuerleitungen, 14 an die Justiersteller 7 geleitet werden. Durch diesen Aufbau wird erreicht, daß der von dem strahlungsemitternden Sender 8 emittierte Lichtstrahl 11 in einer definierten Beziehung zur Spindelachse während der Bearbeitung bleibt. Der emittierte Lichtstrahl 11 wird als Referenzachse verwendet. Der von dem strahlungsemitternden Sender 8 ausgehende Lichtstrahl 11 wird von einem auf dem Querschlitten 10 angeordneten ortsauflösenden Empfänger 12 empfangen, der Abweichungen des Querschlittens 10 zum Lichtstrahl 11 während der Bearbeitung mißt. Diese Abweichungen werden in der Maschinensteuerung 13 ausgewertet, die mit dem ortsauflösenden Empfänger 12 über die Signalleitungen 14 verbunden ist und Stellsignale für den Querschlittenantrieb 9 über die Steuerleitungen 14 ausgibt, welche diese Abweichungen korrigieren. Durch diese Anordnung wird das Werkzeug 20 immer in einem festgelegten Abstand zu der Referenzachse geführt.

In einer weiteren Ausführung ist auf dem Optikblock 15 der ortsauflösende Empfänger 12 und auf dem Querschlitten 10 der strahlungsemitternde Sender 8 angeordnet, wobei der von dem strahlungsemitternden Sender ausgehende Lichtstrahl 11 auf den ortsauflösenden Empfänger 12 gerichtet ist.

In einer weiteren Ausgestaltung ist der ortsauflösende Empfänger 12 analog dem Ausführungsbeispiel 1 anstatt auf dem Querschlitten 10 so auf dem Längsschlitten 19 angeordnet, daß der von dem strahlungsemitternden Sender 8 ausgehende Lichtstrahl 11 auf den ortsauflösenden Empfänger gerichtet ist.

Bei der Anordnung nach Fig. 2 ist der strahlungsemitternde Sender 8 auf dem Längsschlitten 19 angebracht. Der durch den strahlungsemitternden Sender 8 emittierte Lichtstrahl 11 wird von einem auf dem Optikblock 15 angeordneten ortsempfindlichen Empfänger 12 empfangen, welcher die Abweichungen des Längsschlittens 19 während der Bearbeitung mißt. Diese Abweichungen werden in der Maschinensteuerung 13 ausgewertet und Stellsignale für den Querschlittenantrieb 9 generiert, die diese Abweichungen kompensieren. Durch diese Anordnung werden die Abweichungen des Längsschlittens 19 von der Maschinenachse erfaßt und kompensiert. Im Vergleich zu der in Fig. 1 dargestellten Anordnung werden Fehler der Querschlittenbewegung

nicht erfaßt und kompensiert.

Eine Anordnung nach Fig. 3 zeigt auf einem Optikblock 15 anstatt des strahlungsemittierenden Senders 8 ein an sich bekanntes Interferometer [Sender/Empfänger/Referenzstrahl] 22 fest angeordnet. Vorzugsweise wird dabei ein Michaelson-Längeninterferometer verwendet, dessen Referenzbildung bereits auf dem Optikblock 15 erfolgt. Der aus dem Strahlteiler austretende Meßstrahl 18 wird durch ein aktives optisches Element, vorzugsweise einen optischen Keil 23 gerichtet. Besonders vorteilhaft ist dabei die Beeinflussung der Weglänge des Meßstrahls 18 wenn durch den Querschlitten 10 der Maschine eine Bewegung ausgeführt wird. Der im weiteren Strahlengang nach dem optischen Keil 23 befindliche Umlenkspiegel 25 ist derartig angeordnet, daß der Meßstrahl 18 auf den Interferometer [Sender/Empfänger/Referenzstrahl] 22 trifft. Die im Interferometer [Sender/Empfänger/Referenzstrahl] 22 gewonnenen Signale werden nun vorteilhaft zur Korrektur des Lagesignals des Querschlittens in der Maschinensteuerung 13 verwendet.

Bei der Anordnung nach Fig. 4 ist auf einem Optikblock 15 anstelle des Interferometers [Sender/Empfänger/Referenzstrahl] 22 auf einem Optikblock 15 ein an sich bekanntes Geradheitsinterferometer [Sender/Interferenzdetektor] 24 angeordnet. Von Vorteil ist dabei, daß sich im Strahlengang des Meßstrahls 18 auf dem Querschlitten 10 anstelle des optischen Keils 23 als aktives optisches Element vorzugsweise ein Wollaston-Prisma 26 befindet. Der durch das Wollastonprisma 26 geteilte Strahl trifft nun auf den gestellfest angeordneten Geradheitsretroreflektor 21. Dieser Geradheitsretroreflektor 21 reflektiert den aufgeteilten Meßstrahl 18 wieder in das Wollaston-Prisma, von wo der Meßstrahl 18 weiter in den Geradheitsinterferometer [Sender/Interferenzdetektor] 24 führt. Die im den Geradheitsinterferometer [Sender/Interferenzdetektor] 24 gewonnenen Signale werden nun vorteilhaft zur Korrektur des Lagesignals des Querschlittens in der Maschinensteuerung 13 verwendet.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Gestell
- 2 Hauptspindel
- 3 Antastfläche
- 4 Spindellager
- 5 Spannzylinder
- 6 Werkstück
- 7 Justiersteller
- 8 strahlungsemittierender Sender
- 9 Querschlittenantrieb
- 10 Querschlitten
- 11 Lichtstrahl
- 12 ortsauflösender Empfänger
- 13 Maschinensteuerung
- 14 Signal-, Daten- und Energieversorgungsleitung
- 15 Optikblock
- 16 Lagesensor
- 17 Abstandssensor
- 18 Meßstrahl
- 19 Längsschlitten
- 20 Meißel
- 21 Geradheitsretroreflektor
- 22 Interferometer [Sender/Empfänger/Referenzstrahl]
- 23 optischer Keil
- 24 Geradheitsinterferometer [Sender/Interferenzdetektor]

25 Umlenkspiegel  
26 Wollaston-Prisma  
x Koordinatenachse  
z Koordinatenachse

5 /1/ Manfred Weck: "Werkzeugmaschinen — Fertigungssysteme Bd. 2" VDI-Verlag, Düsseldorf 1991

#### Patentansprüche

1. Anordnung zur Korrektur-Koordinatenmessung und Positions-Nachführung insbesondere an Werkzeugmaschinen, unter Verwendung einer CNC-Werkzeugmaschine mit einer über Spindellager (4) drehbeweglich mit dem Gestell (1) verbundenen Hauptspindel (2), einem in einer Koordinate beweglichen, mit einem Längsantrieb versehenen und mit einem Längs-Lagemeßsystem verbundenen Längsschlitten (19), einem auf einer anderen als der Längsschlittenachse beweglich angeordneten, mit einem Querschlittenantrieb (9) und einem Quer-Lagemeßsystem verbundenen Querschlitten (10), einer Maschinensteuerung (13), die über Meß- und Steuerleitungen (14) insbesondere mit dem Antrieb und dem Lagemeßsystem des Längsschlittens (19) und dem Querschlittenantrieb (9) und dem Querlagemeßsystem verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß auf einem Optikblock (15) ein strahlungsemittierender Sender (8) fest angeordnet ist, wobei der von dem strahlungsemittierenden Sender (8) ausgehende Strahl (11) auf einen auf dem Querschlitten (10) fest angeordneten ortsauflösenden Empfänger (12) gerichtet ist, der Optikblock (15) in Stellrichtung beweglich mit Justierstellern (7) verbunden ist, welche mit dem Gestell (1) fest verbunden sind, auf dem Optikblock (15) Lagesensoren (16), die vorzugsweise als Interferometeranordnung ausgebildet sind, fest angeordnet sind, die Antastflächen (3) auf der Hauptspindel (2) gegenüberstehen, auf dem Optikblock (15) Abstandssensoren (17) fest angeordnet sind, welche vorzugsweise der Mantelfläche der Hauptspindel (2) gegenüberstehen, und die Maschinensteuerung (13) über Meß- und Steuerleitungen (14) mit dem ortsauflösenden Empfänger (12) verbunden ist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Optikblock (15) der ortsauflösende Empfänger (12) und auf dem Querschlitten (10) der strahlungsemittierende Sender (8) angeordnet sind, wobei der von dem strahlungsemittierenden Sender (8) ausgehende Lichtstrahl (11) auf den ortsauflösenden Empfänger (12) gerichtet ist.
3. Anordnung nach einem oder beiden der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der ortsauflösende Empfänger (12) anstatt auf dem Querschlitten (10) so auf dem Längsschlitten (19) angeordnet ist, daß der von dem strahlungsemittierenden Sender (8) ausgehende Lichtstrahl (11) auf den ortsauflösenden Empfänger (12) gerichtet ist.
4. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Optikblock (15) der ortsauflösende Empfänger (12) angeordnet ist, und der strahlungsemittierende Sender (8) anstatt auf dem Querschlitten (10) auf dem Längsschlitten (19) angeordnet ist, wobei der von dem strahlungsemittierenden Sender (8) ausgehende Lichtstrahl (11) auf den ortsauflösenden Empfänger (12) gerichtet ist.
5. Anordnung nach einem oder mehreren der An-

sprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf einem Optikblock (15) anstatt des strahlungsemitierenden Senders (8) ein an sich bekanntes Interferometer [Sender/Empfänger/Referenzstrahl] (22) angeordnet ist, dessen Meßstrahl (18) durch ein aktives optisches Element, vorzugsweise einen optischen Keil (23), gerichtet ist, welches anstatt des ortsauflösenden Empfängers (12) auf dem Querschlitten (10) fest angeordnet ist, und im Strahlengang nach dem optischen Keil (23) gestellfest ein Umlenkspiegel (25) angeordnet ist.

6. Anordnung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle des Interferometers [Sender/Empfänger/Referenzstrahl] (22) auf einem Optikblock (15) ein an sich bekanntes Geradheitsinterferometer [Sender/Interferenzdetektor] (24) angeordnet ist, in dessen Strahlengang sich anstelle des optischen Keils (23) als aktives optisches Element vorzugsweise ein Wollaston-Prisma (26) befindet, welches auf dem Querschlitten (10) fest angeordnet ist, und im Strahlengang nach dem Wollaston-Prisma (26) gestellfest ein Geradheitsretroreflektor (21) angeordnet ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -



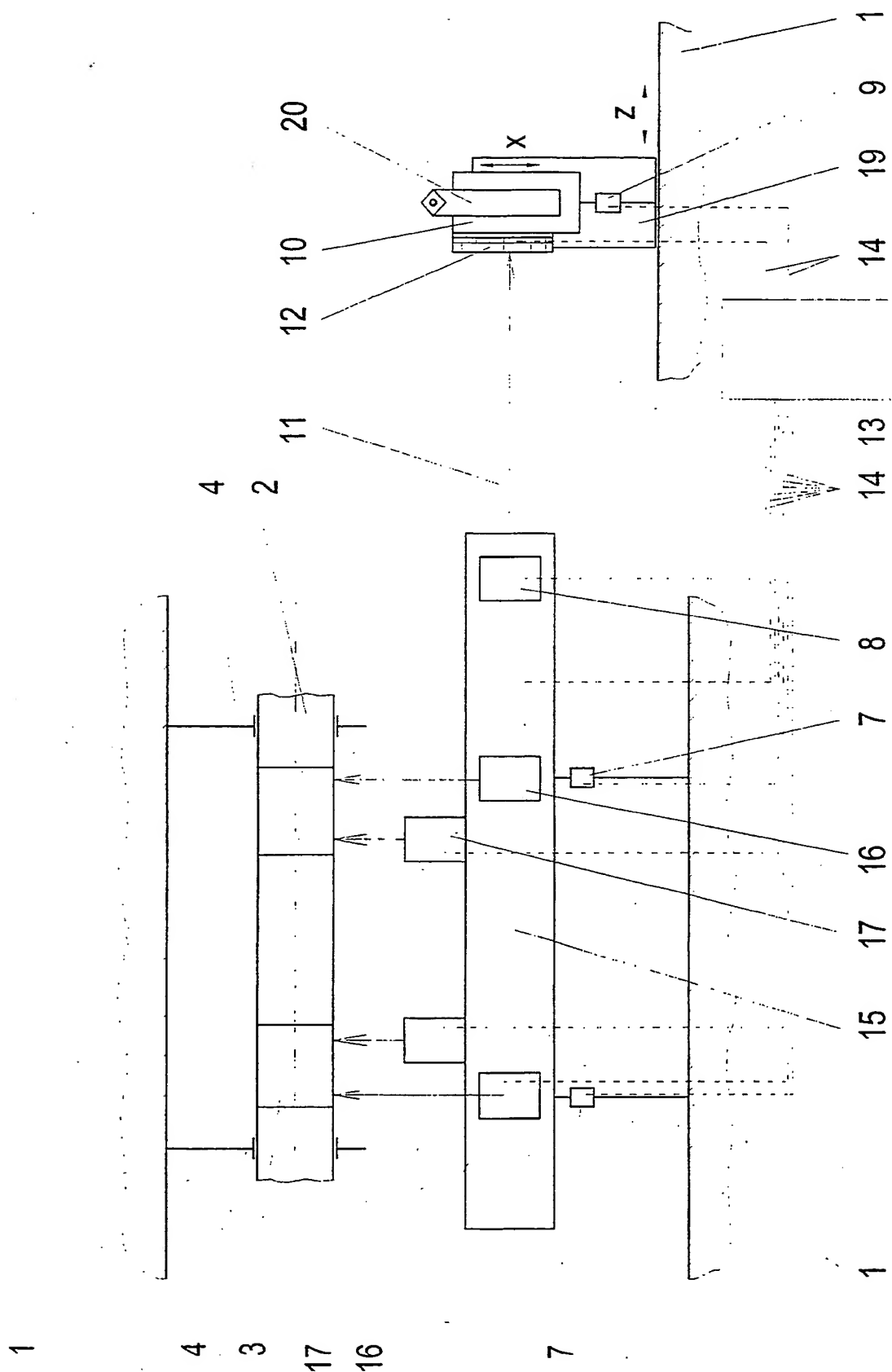


Fig. 1

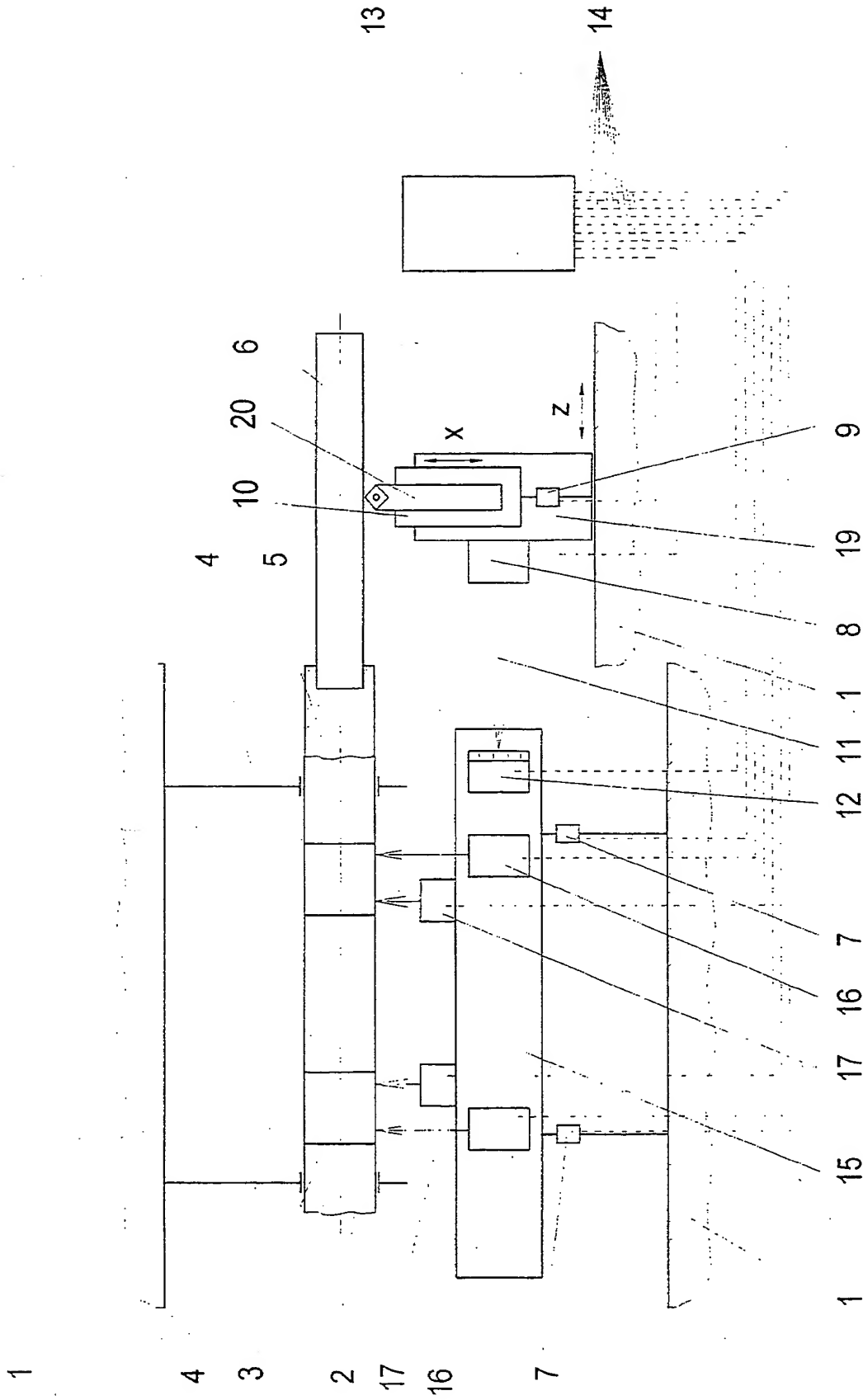


Fig. 2

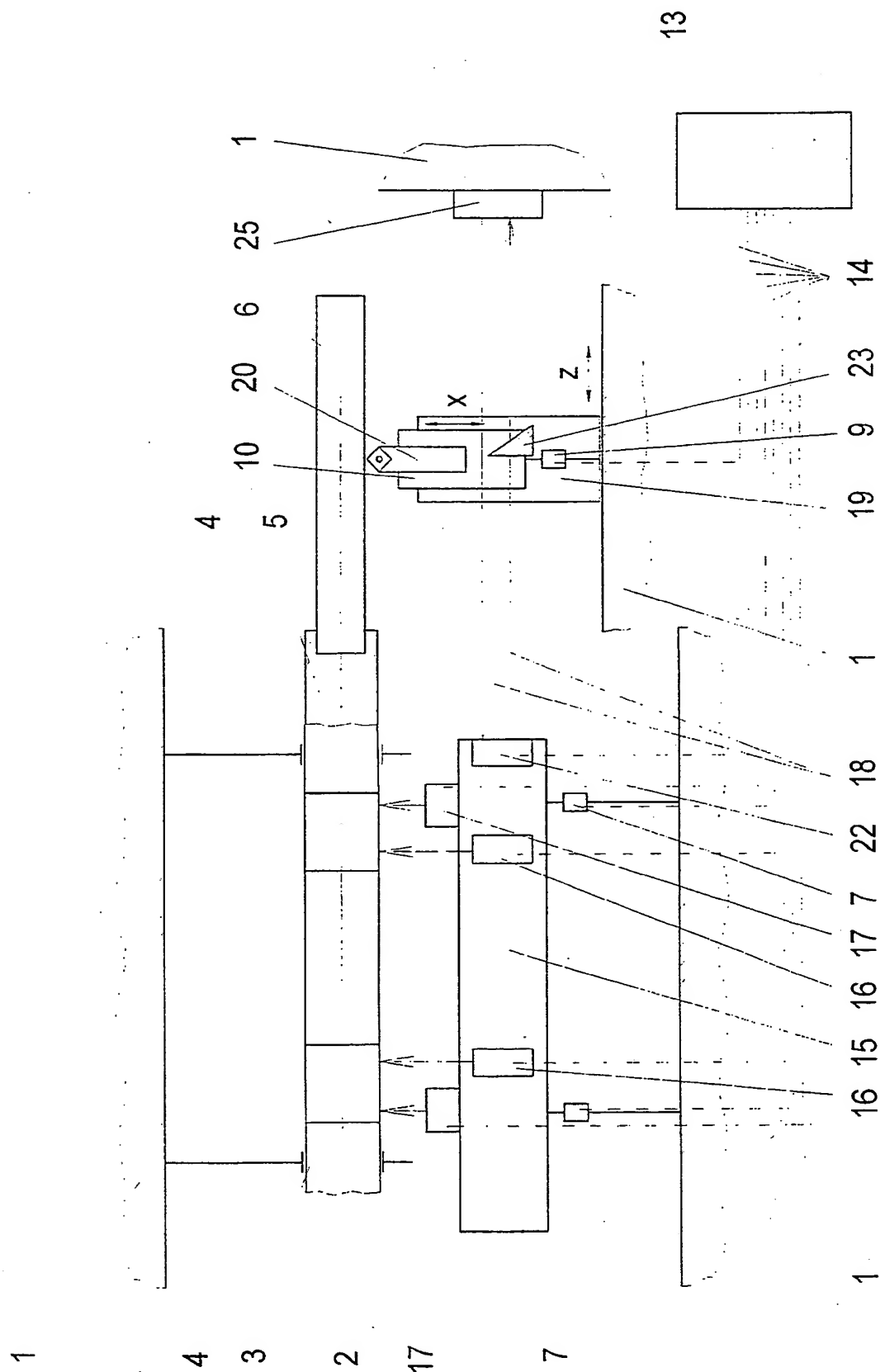


Fig. 3

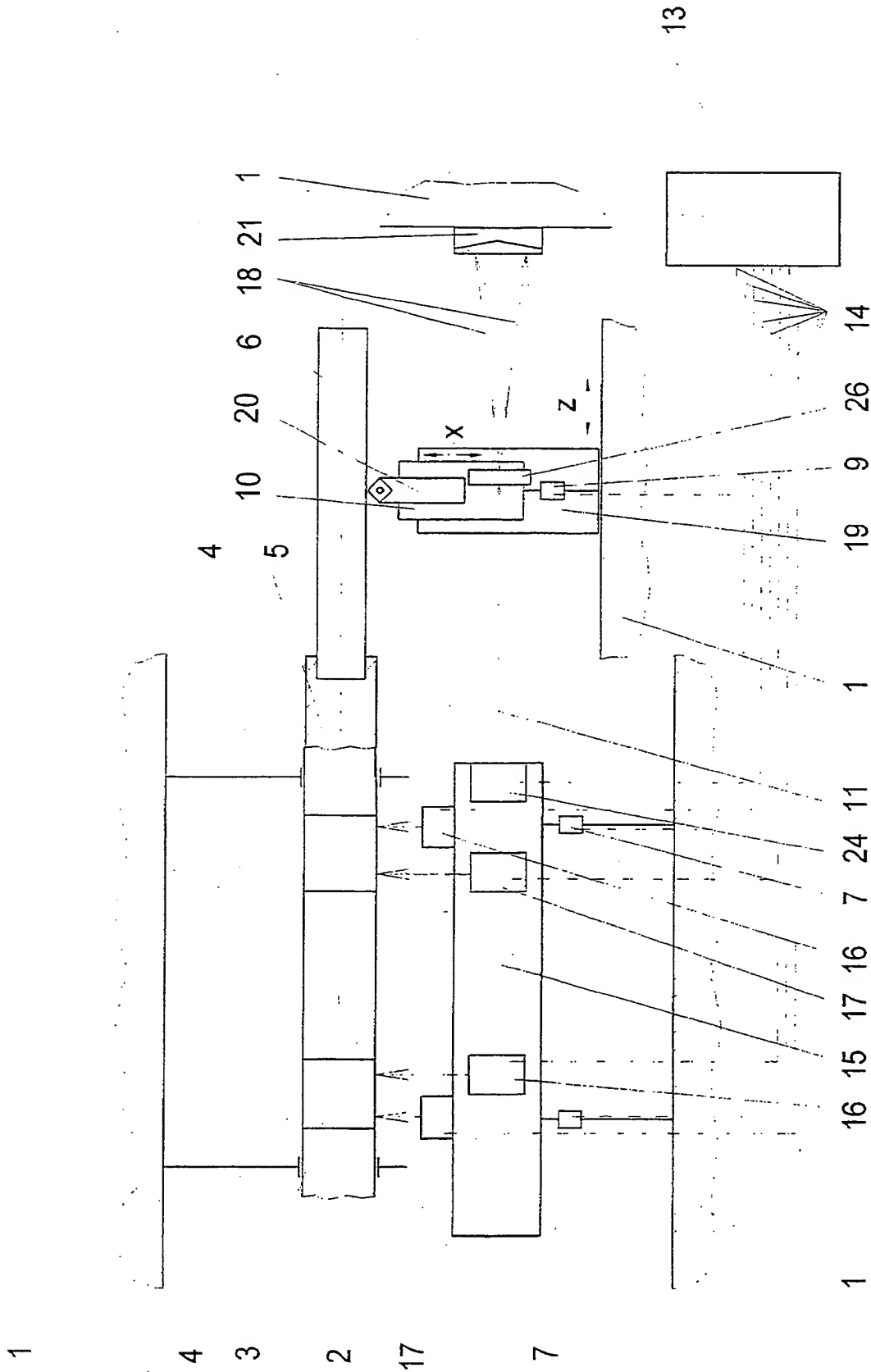


Fig. 4